

「四股」の筋電図法による分析

桑 森 真 介

I 序 論

従来から、相撲競技では、他の競技で取り入れられているウェイトトレーニングやサーキットトレーニングなどのトレーニングはそれ程重視されず、相撲競技特有のトレーニングが主に行なわれてきた。その中の代表的なものに、四股、腰割り、鉄砲などがある。しかしながら、最近では徐々にではあるが、プロの力士やアマチュア相撲の選手の中にも、相撲競技特有のトレーニングとは別にウェイトトレーニングなどの科学的根拠に基づいたトレーニングを取り入れる者が増えてきた。従来から行なわれてきた相撲競技の伝統的トレーニング方法が科学的に見ていかなるものなのであるかについては、これまでそれ程重視されてきたとは言えない。しかしながら、より効果的なトレーニングというものを考えた場合、いかに伝統的なトレーニング方法であるといえども、それがいかなるものなのであるかを明らかにする必要があるであろう。

以上のような観点から、本研究では、相撲競技の伝統的トレーニングの一つである四股を取り上げ、筋電図法を用いての分析を試みた。

筋電図から身体運動を分析する領域の研究は、一般生理学や臨床医学の立場からの筋電図に関する研究に比べ、それ程多く行なわれてきたとは言えない。しかし、現在では、スポーツその他の身体運動におけるメカニズムを明らかに

しようとする研究、いわゆるキネシオロジーの研究の必要性は一般に認められており、筋電図から身体運動を分析する領域の研究も進展しつつある。

筋電図から身体運動を分析する場合、筋電図と動作パターンを同時に記録する必要がある。筋電図と動作パターンを同期させて記録することにより、いつ、どこで (timing)、どの筋が (spacing)、どの程度 (grading) 使われているのかを知ることができる。しかしながら、筋電図により異なる筋の収縮の強さを比較する事は困難であるので、本研究では、主に、前述した timing と spacing⁽¹⁸⁾ について観察することにした。

筋電図から身体運動を分析した研究報告は多く見られる。⁽²⁾⁽³⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ 猪飼らは、体操、水泳などの種目について分析している。又、高木らは、⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ 跳躍や関節の外転、内転などの基本動作について報告している。その他、筋電図から見た身体運動に関する研究報告は多く見られる。

相撲競技のトレーニングに関する研究報告はかならずしも多いとは言えない。⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾ 塚谷らは、相撲競技の基本動作及び応用動作のいくつかを取り上げ、筋電図から分析している。又、芝山らは、⁽⁷⁾ Cinematography 及び筋電図により相撲動作の分析を試みている。その他、相撲競技のトレーニングに関する研究報告は小川らによる練習時の運動強度に関する報告、⁽⁴⁾ 著者による練習について心拍数から見た報告などがある。塚谷らが分析している動作には、本研究で取り上げた四股も含まれているが、動作パターンの同時記録がなされてなく、その動作のどの時点で筋が放電しているのかが示されていない。又、芝山らの研究では、被検者は幕下の相撲力士二名という事であるが、本研究では、学生相撲選手を対象としており、未経験者との比較検討をも試みた。

II 実 験 方 法

筋電計には、三栄測器株式会社製ポリグラフ (12チャンネル) を使用し、記録器には、同社製のペン書きオッシログラフを使用した。

電極には、大別して表面電極と針電極とがあるが、それぞれ目的により使い分けられている。原理的には針電極を用いる方が有利であるが、身体運動を分

析する様な場合は、安全性を考慮して表面電極を用いる方が適切である。又、単一の神経筋単位 (N. M. U.) の発射パターンや波形を問題にする場合は針電極は有利であるが、被検筋全体の状態を調べるには表面電極が有利である。以上の様な点から、本実験では表面電極を使用した。

電極貼布部位の皮膚を消毒用アルコールでよく拭き、紙ヤスリで擦る事により、電極間の皮膚抵抗をできるだけ小さくした。電極面は使用前に汚れや錆のない事を確認し、電極糊を電極の中に適量に満たした。電極は被検筋の筋腹中央のモーターポイントを中心に筋の走行にそって2~3cm 離し、サージカルテープ又はヤール絆で密着固定した。筋電図を記録しノイズやアーティファクトが生じた場合は電極を貼布し直した。ポディーアース用の電極は耳殻に付着した。

四股は指導上においても左右対称の動作であると考えられており、本実験においては、いわゆるラテラリティ（一側優位性）の問題は考慮せず、四股が対称動作であるという前提に基づいて、被検者の左側の筋についてのみ電極を貼布した。

実験を行なった部屋は実験室用に設計されておらず、予備実験の段階では交流障害やリード線の揺れによる障害が著しかったが、幾種類かのコードをリード線に使用し、最も障害の少なかった一芯のシールドコードを本実験において使用した。リード線の長さはノイズと関係が深いので、動作を制約しない範囲でできるだけ短くした。リード線のシールド部は、すべてピンチップに接続し電極箱のアース用のさし込みに挿入した。実験に際しては、検者は電極箱とリード線を持ち、リード線が被検者の動作の妨げにならない様にした。

増幅器の時定数は各チャンネル共に 0.03 sec に合わせた。第I章で述べた様に本研究では電位の大きさの程度を問題にしていないので、筋放電のパターンが分かりやすい様に増幅度を各チャンネルごとに調節しており、較正波は 0.2 mV を記録したが図I から図VIに示す様に振幅が異なる。

電極が被検筋上にあるかどうかを判定する為に、各筋についてその筋が主働的に活動する動作を行なわせ確認を行なった。

四股は一般に下半身のトレーニングと考えられているので、被検筋は主に下半身の表在筋から選んだ。膝関節の伸筋及び股関節の屈筋として大腿直筋、膝関節の屈筋及び股関節の伸筋として大腿二頭筋を選び、又、足関節の屈筋として前脛骨筋、伸筋としてヒラメ筋を選んだ。下腿を伸展し、下肢を固定すると腰を伸展する働きをし、又、大腿を後ろに引きかつ外旋する働きをする筋として大殿筋を選び、それらに加え、上腕を外転する働きをする筋として三角筋を選んだ。

動作パターンの記録には、16ミリ・シネカメラを用いた。使用した撮影器材は Bolex H 16 型であり、毎秒24コマのフィルム送りで撮影した。動作パターンの記録にシネカメラを使用する場合、撮影された動作と筋電図を同期させる必要がある。この方法としては、同期パルス発生装置によって写直のフレーム・シグナルを筋電図記録上に記録する方法やその他各種のスイッチを利用する方法があるが、本実験では、豆電球を被検者と一緒に撮影し、その豆電極の点滅と同時に筋電図記録上にシグナルが記録される様にした。同期用シグナルは毎回実験の開始時と終了時に記録した。筋電図記録上のシグナルの間の時間をタイムマークにより判定し、豆電球の点滅の間のコマ数を数え、その時間を数えたコマ数で除す事によりコマ間の時間を求めた（毎秒24コマ送りという事からも分かるがより正確である事を考慮した）。次に、実験開始時の豆電球の点滅から図Ⅰから図Ⅵに示した個々の動作の時点までのコマ数を数え、そのコマ数と求めたコマ間の時間の積を求め、実験開始時のシグナルからその動作の時点までの時間とした。本実験で用いた撮影された動作と筋電図を同期させる方法は、必ずしも厳密であるとは言えないが、四股の動作は比較的緩慢であるので、この方法で充分であると判断した。

実験に際しては、動作は必ず数回繰り返し、同じ程度の放電パターンが得られたところで、シネカメラでの撮影との同時記録を行なった。

シネカメラでの撮影においては、500 W の電球二個を照明に使用し、被検者の正面から撮影を行なった。被検者はまわしを身につけ、通常の練習と同じ状態で実験を行なった。

被検者は、明治大学相撲部員(熟練者)三名及び未経験者三名であり、明治大学相撲部員三名の内二名は、昭和58年度における全国大会の団体優勝のレギュラーであり、個人戦においてもベスト4進出の経験を持つという優れた戦歴を有している。被検者の年齢、経験年数、体重、身長は表Iに示す通りである。

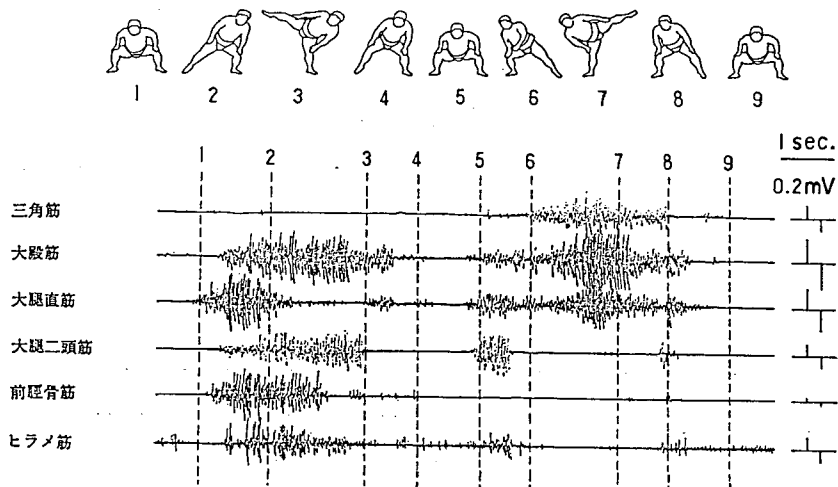
実験は、昭和58年12月17日から21日にかけて、明治大学和泉校舎仮設実験室にて行なった。

表I 被 検 者 の 特 徴

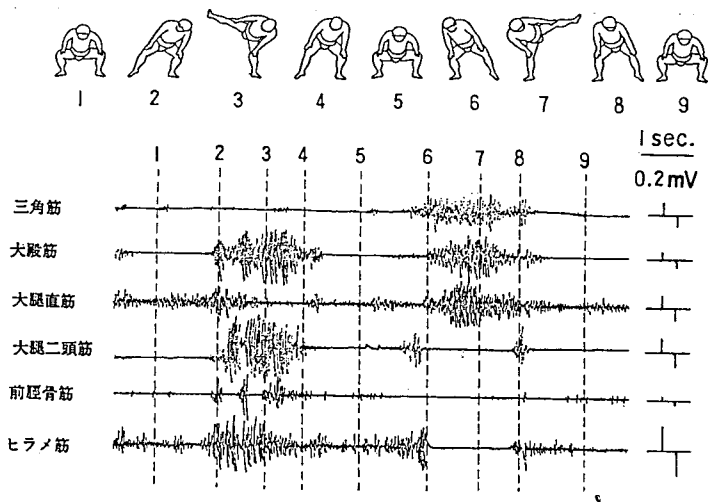
	被 検 者	年 齢 (年)	経 験 年 数 (年)	体 重 (kg)	身 長 (cm)
熟 練 者	U. A.	22	10	122.5	173.5
	F. W.	21	7	107.5	178.0
	J. O.	21	9	120.5	175.5
	平 均	21.3	8.7	116.8	175.7
未 経 験 者	K. J.	25	0	75.0	173.0
	I. O.	23	0	65.0	169.0
	M. I.	20	0	55.5	163.5
	平 均	22.7	0	65.2	168.5

III 結果及び考察

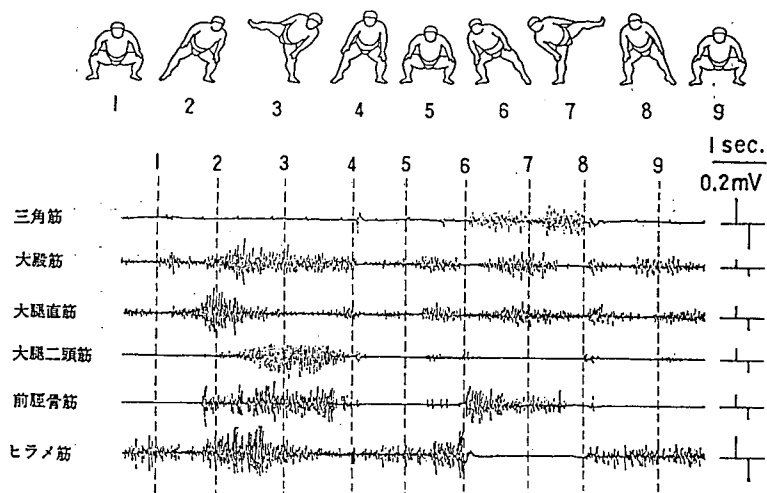
四股の動作時における筋電図を図Iから図VIに示した。図Iから図VIの上方に示した各時点での動作は、撮影したフィルムからトレースしたものである。図中の1, 5, 9の時点の腰を下ろした姿勢は、各被検者共かなりの時間持続していた。2, 6は上げる足が床から離れる時点を、又、4, 8は床に着く時点をトレースしたものである。3, 7は足が最も高く上がった時点であり、熟練者(図I, 図II, 図III参照)は未経験者(図IV, 図V, 図VI参照)に比べ、この姿勢をかなり長く持続していた。四股は平衡感覚を強化されていると言われるが、この結果は、熟練者の平衡感覚が未経験者に比べ優れているという事によるのではないかと推測される。又、足を上げてから下ろすまで(図中の2から



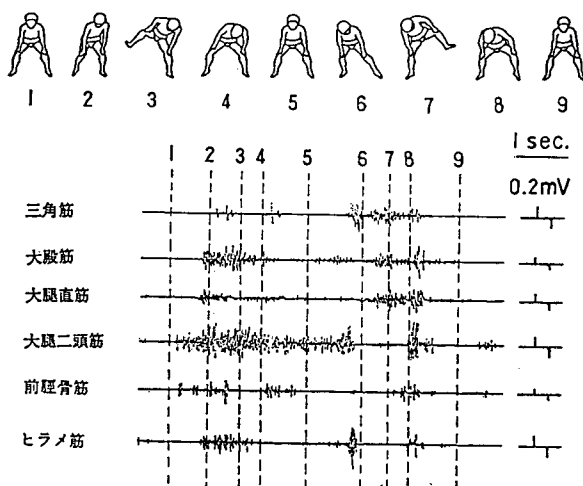
図Ⅰ 四股の動作時における筋電図 (被験者: U. A.)



図Ⅱ 四股の動作時における筋電図 (被検者: F. W.)



図Ⅲ 四股の動作時における筋電図 (被検者: J.O.)



図Ⅳ 四股の動作時における筋電図 (被検者: K.J.)

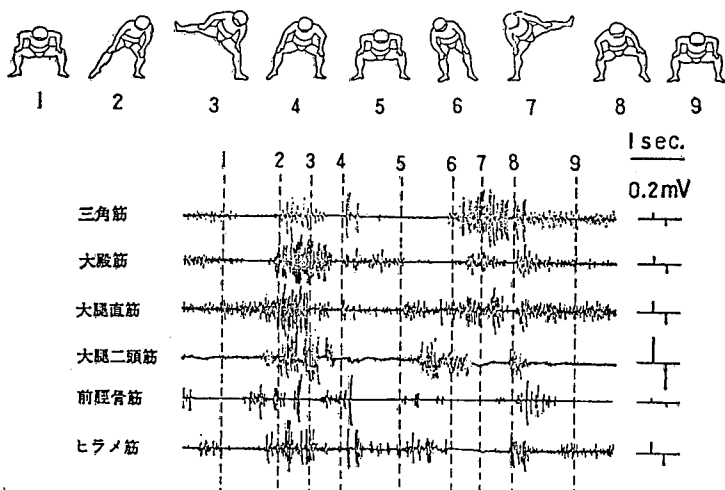


図 V 四股の動作時における筋電図 (被検者: I.O.)

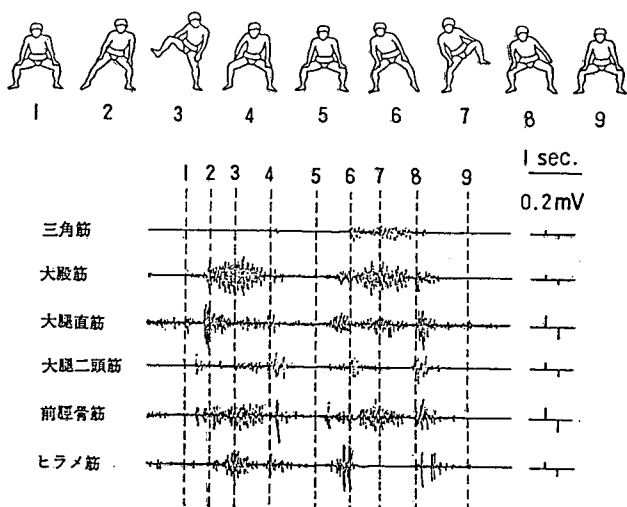


図 VI 四股の動作時における筋電図 (被検者: M.I.)

4の時点、及び、6から8の時点)の時間が、熟練者は未経験者に比べ長いのも、この事によるのではないと思われる。

三角筋の放電パターンに関しては、各被検者共比較的似かよった傾向を示している。図の6から8の時点にかけての放電は、下肢を持ち上げている為(被検者: J. O., I. O.), 又は、足を上げるのに妨げにならない様に上肢の重力に抗している為(被検者: U. A., F. W., K. J., M. I.)の静止性収縮(static contraction)によるものではないかと思われる。四股は、指導上において一般に「肩に力を入れてはいけない。」といわれているが、熟練者、未経験者共に、肩関節を外側から被っている三角筋に関しては、全般にそれ程放電は見られなかった。

大殿筋については、各被検者共2から4及び6から8の足を上げている時点で放電が見られる。(図Ⅰ～図Ⅵ参照)大殿筋の収縮によって行なわれる動作は、大腿の外旋及び外転、腰の伸展、下腿の伸展などであるが、これらは、言い換えれば、膝を外に向ける、上体を起こす、膝を伸ばす、という事であり、いずれも指導上足を上げる時点で強調される事である。特に、膝を外に向けるという事と上体を起こすという事は、四股の動作の間持続して行なわれていなければいけないと言われている。熟練者であるにもかかわらず、被検者、Y. A. と F. W. の放電が断続的であるという事に関しては、今後再検討する必要があるであろう。

大腿直筋と大腿二頭筋は相拮抗する筋であるが、これらの筋の放電パターンを見ると、図中の1から4の時点で、熟練者と未経験者に大きな差が生じている。熟練者は三名共、2の時点の前後で大腿直筋が放電しており、それが小さくなると共に2から4の時点にかけて大腿二頭筋の放電が大きくなっている(図Ⅰ, 図Ⅱ, 図Ⅲ参照)。未経験者はこの時点では共通した傾向が見られない。2の時点の前後での熟練者の大腿直筋の放電は、体重に抗する為及び膝関節を伸展する為の静止性収縮又は短縮性収縮によるものではないかと推測される。2の時点の前後において熟練者に関しては、軸足側の膝関節の屈曲、股関節の伸展(両方共、大腿二頭筋の収縮による。)は見られず、体重に抗して

膝関節角度を保ちながら上体を軸足側に傾かせ体重移動をしているのではないと思われるが、これらの事から大腿二頭筋に放電が見られないのではないかと推測される。2から3の時点で、熟練者に関しては、軸足側の膝関節角度が大きくなると、体重による負荷が小さくなる為、大腿直筋の放電が小さくなっているのではないと思われる。大腿直筋の放電が小さくなるにつれ、大腿二頭筋の放電が大きくなっているが、これは、軸足側の膝関節がかなり伸展された段階で股関節を伸展し上体を起こそうとしており、その為の短縮性収縮又は静止性収縮によるものではないかと推定される。四股の指導上においては、上体をなるべく起こしたまま足を上げるという事が強調されるが、1から4の時点での大腿直筋と大腿二頭筋の放電パターンから、熟練者においては、軸足側への体重移動の際上体が軸足側に傾き、軸足側の膝関節がかなり伸展された段階で上体を起こしているのではないかと推察される。

各被検者共に、5から8の時点にかけて、大腿直筋の放電が見られるが（図Ⅰ～図Ⅶ参照）、これは下肢を挙上し膝関節を伸展する為の短縮性収縮又は静止性収縮によるものではないかと思われる。

前脛骨筋とヒラメ筋は相拮抗する筋であるが、これらの二つの筋の放電パターンに関しては、各被検者共、1から4の時点にかけて両方の筋が不規則ではあるがほとんど同時に放電しているという傾向が見られる。1から4の時点では、軸足側の足関節にいくらか屈曲及び伸展の動作が見られるが、むしろバランスを保つという要素が大きい為に、このような傾向が見られるのではないかと推測される。又、6から8の時点では、前脛骨筋が放電している者（被検者、J.O., I.O.）としていない者（被検者、Y.A., F.W., K.J., M.I.）が見られるが、これは、上げた足の方の足関節を屈曲しているかしていないかの違いであり、四股の指導上ではそれはそれ程問題視されていない。各被検者共、6の時点の前と8の時点の後でヒラメ筋の放電が見られるが、前者の放電は足を上げるのを助ける為に床を蹴っている為の短縮性収縮により、後者の放電は足が床に着く時のショックを柔らげる為の伸張性収縮（eccentric contraction）によるものではないかと思われる。

1, 5, 9の前後の時点では、各被検者共どの筋においてもあまり放電が見られず、本研究で取り上げた筋に関しては、筋力トレーニングという意味ではそれ程効果が期待できないのではないかとと思われる。四股において、腰を下ろすという事は非常に重視されているが、腰を下ろすという動作自体は、筋力トレーニングとしてはそれ程意味がなく、むしろ、軸足側に体重を移動させ足を上げる時の軸足側の負荷を大きくするという役割りを果しているのではないかと推察される。

本研究では、第I章で述べた様に、筋の収縮の程度(grading)は問題にできなかった。しかし、身体運動を分析する場合、この事は非常に重要な要素となる。又、本研究では被検筋の数がそれ程多くなく、より詳しく分析するには、今回選んだ被検筋以外の筋についても測定する必要があるであろう。以上の問題点について、今後検討すると共に、四股以外の基本動作や応用動作についても今後の課題としたい。

IV 要 約

本研究は、四股の動作を筋電図法により分析しようとしたものである。

被検筋は、三角筋、大殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、ヒラメ筋であり、筋電図の記録と同時に16ミリ・シネカメラにより撮影を行なった。被検者は熟練者三名、未経験者三名の計六名である。

結果を要約すると次の通りである。

1. 各被検者共に、足を上げている間上げている足の方の三角筋が放電していたが、これは下肢を持ち上げている為、又は、足を上げるのに妨げにならない様に上肢の重力に抗している 為ではないかと推測される。四股は一般に「肩に力を入れてはいけない」と言われているが、各被検者共に、全般に三角筋の放電がそれ程見られなかった。
2. 熟練者は、軸足側に関して、腰を下ろした姿勢から足を上げて下ろすまでの間、大腿直筋が放電しそれが小さくなるにつれて大腿二頭筋の放電が大きくなるという傾向が見られた。これは、膝関節を伸展するにつれて負荷が小

さくなり、膝関節がかなり伸展された段階で上体を起こしている（股関節を伸展している）事によるものではないかと推定される。四股の指導では、上体を起こしたまま足を上げる事が強調されているが、熟練者は、体重移動の際上体が軸足側に傾き、軸足側の膝関節がかなり伸展された段階で上体を起こしているのではないかと推測される。

3. 各被検者共に、腰を下ろした時点ではどの被検筋においてもそれ程放電が見られなかった。これは、腰を下ろすという事が、筋力トレーニングというよりはむしろ足を上げる時の軸足側の負荷を大きくするという役割りを果たしているという事ではないかと推察される。

V 参考・引用文献

- (1) 浅見俊雄, ほか: 身体運動学概論, 大修館書店, 1977.
- (2) 猪飼道夫, ほか: 体操の筋電図学的研究, 体育学研究 1 (4), 265—271, 1952.
- (3) 猪飼道夫, ほか: 水泳中の筋電図, OLYMPIA, 8, 258—263, 1961.
- (4) 小川光哉, ほか: 相撲の練習時における運動強度について, 日本武道学会第13回大会発表資料, 1980.
- (5) 木村邦彦: 人体解剖学, 大修館書店, 1976.
- (6) 桑森真介: 心拍数からみた相撲競技の練習について, 明治大学教養論集, 164, 73—88, 1983.
- (7) 芝山秀太郎, ほか: Cinematography および筋電図による相撲動作の分析, 体力科学 31 (6), 444, 1982.
- (8) 洪川侃二, ほか: 体育学実験・演習概説, 大修館書店, 1979.
- (9) 高木公三郎, ほか: 下肢基本動作の筋電図的研究, 体育学研究 10 (1), 210, 1965.
- (10) 高木公三郎, ほか: 基本的諸動作の筋電図 (予報), 体育学研究 4 (1), 143, 1959.
- (11) 高木公三郎, ほか: Kinesiology における筋電図的考察, 体育学研究 5 (1), 123, 1960.
- (12) 塚谷敏勝, ほか: 学校体育の「すもう」に関する研究 第三報「すもう」の筋電図学的考察, 体育学研究 12 (5), 94, 1968.
- (13) 塚谷敏勝, ほか: 学校体育の「すもう」に関する研究 第四報「すもう」(倒し技)の筋電図学的考察, 13 (5), 151, 1969.
- (14) 塚谷敏勝, ほか: 学校体育の「すもう」に関する研究 第四報「すもう」(吊り技)の筋電図学的考察, 13 (5), 279, 1969.
- (15) 中西光雄: 体育生理学実験, 技術書院, 1968.
- (16) 中村陥一, ほか: リハビリテーションにおける筋電図, 医歯薬出版株式会社,

1974.

- (17) 平間光雄, ほか: すもう, 大修館書店, 1976.
- (18) 三木威勇治, ほか: 筋電図入門, 南山堂, 1969.
- (19) 宮畑虎彦, ほか: 身体運動の科学, 学芸出版社, 1968.
- (20) 宮畑虎彦訳, K. F. Wells, K. Luttgens 著: 新版キネシオロジー——身体運動の基礎原理——, ベースボールマガジン社, 1979.